

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Энергетический  
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
 Кафедра Электроэнергетических систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы			
<b>Режим работы электрооборудования на тепловой станции мощностью 1100 МВт</b>			

УДК 621.311.22.002.5-83.004.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Б	Краснослободцев Илья Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭЭС	Кривова Людмила Владимировна			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Потехина Нина Васильевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроэнергетических систем	Сулайманов Алмаз Омурзакович	К.Т.Н		

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области для решения коммуникативных задач.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства коллективом исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты профессиональной деятельности.
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
P7	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники.
P8	Способность применять стандартные методы расчета и средства автоматизации проектирования; принимать участие в выборе и проектировании элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники в соответствии с техническими заданиями.
P9	Способность применять современные методы разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах.

Код результата	Результат обучения
P10	Готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины на электроэнергетическом и электротехническом производствах; осваивать новые технологические процессы производства продукции; обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции.
P11	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P12	Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.
P13	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.
P14	Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P15	Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.
P16	Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.
<p style="text-align: center;"><i>Специальные профессиональные компетенции</i>  <i>Профиль «Электрические станции»</i></p>	
P7	Способностью моделировать режимы работы электроэнергетических станций и подстанций с использованием профессиональных программ; проводить экспериментальные исследования функционирования элементной базы системной автоматики.
P8	Способностью определить параметры электрической станции; оценивать надёжность работы проектируемой станции.
P9	Способностью оценивать влияние аварийных ситуаций в энергосистемах на безопасность жизнедеятельности людей; последствия от прекращения электроснабжения на функционирование предприятий и возможного ущерба.
P10	Способностью обеспечить соблюдение рассчитанных параметров при строительстве станции, отладке релейной защиты и противоаварийной

Код результата	Результат обучения
	автоматики; проводить работы по сертификации устройств автоматики энергосистем.
P11	Способностью планировать работу персонала и фондов оплаты труда при разработке электрической станции и включении её в электроэнергетическую систему.
P12	Способностью использовать современную аппаратуру для измерения режимных параметров.
P13	Готовностью к участию в исследовательских работах и внедрению результатов выполненных исследований по автоматизации энергообъектов.
P14	Готовностью к участию в работе по монтажу и наладке устройств на электростанции. Способностью к участию в натурных испытаниях и сдаче в эксплуатацию смонтированного оборудования электростанции.
P15	Способностью к обслуживанию устройств автоматики на электростанциях; способностью к оценке состояния и условий эксплуатации оборудования энергообъекта.
P16	Способностью к проведению анализа результатов работы и составлению отчетной документации.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
 Направление подготовки 13.03.02 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА  
 Кафедра ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b>
----------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Б	Краснослободцев Илья Михайлович

Тема работы:

Режим работы электрооборудования на тепловой станции мощностью 1100 МВт	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект проектирования – КЭС мощностью 1100 МВт В качестве исходных данных представлены: структурная схема КЭС, число и мощность турбогенераторов, нагрузка на РУ ВН и РУ СН, данные по линиям связи энергообъекта с энергосистемой, данные по энергосистеме.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Титульный лист                      Задание                      Реферат                      Введение                      Глава 1. Проектирование электрической части 1100 МВт                      Глава 2. Эксплуатация и режимы работы собственных нужд.                      Глава 3. Социальная ответственность                      Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                      Заключение                      Список литературы                      Приложения</p>

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Структурно-принципиальная схема
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Кривова Л.В.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5A2Б	Краснослободцев Илья Михайлович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А2Б	Краснослободцеву Илье Михайловичу

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Электрические станции

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 20 389,99 руб. Оклад инженера - 14874,45 руб.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; Коэффициент дополнительной заработной платы 15%; Коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%; Районный коэффициент 130%. Норма амортизации – 20%
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 27,1 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Анализ конкурентных технических решений; -Технология QuaD.
Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы; - амортизационные отчисления.
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Определение ресурсоэффективности исследования.

**Перечень графического материала:**

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Календарный план-график выполнения ВКР
3. Расчет бюджета затрат НИИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Потехина Н.В.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5А2Б	Краснослободцев Илья Михайлович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А2Б	Краснослободцев Илье Михайловичу

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочее место представляет собой помещение электрической подстанции, внутри которой находится электрооборудование под высоким напряжением. Вредные и опасные факторы производственной среды: Движущиеся машины и механизмы монтажного и ремонтного оборудования; шанс поражения персонала электрическим током; пониженный или повышенный уровень освещенности; повышенный уровень шума и вибрации от работающих приводных электродвигателей, систем вентиляции и охлаждения, воздействия движущихся частей изделия и частей изделия, нагреваемых до высоких температур. Аварийные и чрезвычайные ситуации – пожары.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>Правила устройства электроустановок; ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», который устанавливает общие требования безопасности к конструкции электротехнических изделий; ГОСТ Р 12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»; СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»; СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»; ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности»</p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>В данной части необходимо проанализировать следующие вредные факторы: электрические, магнитное поля и освещённость производственных помещений.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p>	<p>В данной части необходимо проанализировать следующие опасные факторы: термические</p>





## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа составляет 113 страниц; 19 рисунков; 65 таблиц; 20 источников; 11 листов графического материала; презентационное слайд-шоу.

Ключевые слова: энергосистема, конденсационная электростанция, собственные нужды электростанции, самозапуск, энергоблок, социальная ответственность, показатели экономической эффективности.

Объектами исследований являются конденсационная электростанция мощностью 1100 МВт и рассмотрение режимов работы электрооборудования собственных нужд.

Цель работы: спроектировать конденсационную электростанцию установленной мощностью 1100 МВт, выбрать основное оборудование, электрические аппараты, выбрать электродвигатели собственных нужд и смоделировать их самозапуск.

В процессе работы:

- проведен структурный и функциональный анализ электрической схемы электростанции;
- выбраны силовое оборудование и электрические аппараты для проектируемой электростанции;
- выбраны электродвигатели собственных нужд и смоделирован их успешный самозапуск;

В процессе работы использовались аналитические, расчетные и графоаналитические методы, использована программа «Мустанг».

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Конденсационная электростанция:** тепловая электростанция, которая производит только электроэнергию.

**Собственные нужды:** совокупность вспомогательных устройств, относящихся к электрической части, которые обеспечивают работу электростанций.

**Самозапуск электродвигателей:** восстановление без участия персонала работы электродвигателей.

**Электрооборудование:** любое оборудование, используемое для производства, распределения, передачи, изменения характеристик электроэнергии, а также для ее преобразования в другой вид энергии.

**Режим работы:** нахождение энергосистемы или электроустановки в определенном эксплуатационном режиме.

**Короткое замыкание:** аварийный режим, происходящий при соединении двух или более точек электрической цепи различных потенциалов, приводящий к повреждениям.

**Линия электропередач:** Электроустановка, состоящая из проводов, кабелей, изолирующих элементов и несущих конструкций, предназначенная для передачи электроэнергии с возможным промежуточным отбором.

**Рабочая зона:** зона, закрепленная за персоналом во время рабочего дня.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время происходит строительство новых промышленных объектов, открываются новые месторождения нефти и газа, разрастаются крупные промышленные города. Нужно обеспечить построенные объекты электрической энергией. Необходимо строить новые генерирующие мощности, то есть электростанции, ведь старые выходят из строя, а оставшиеся не могут обеспечить растущих требований промышленности. Однако для того, чтобы построить электростанцию, ее необходимо качественно спроектировать, чтобы электростанция в дальнейшем исправно выполняла, возложенные на нее функции и отвечала всем требованиям.

В данной выпускной работе необходимо спроектировать электрическую часть конденсационной электростанции (КЭС), а также рассмотреть режимы оборудования собственных нужд. Выполнение работы должно быть обеспечено путем учебного проектирования. Имея в наличии, основные параметры электрических объектов электростанции, нужно, используя справочные данные, подобрать оборудование, способное обеспечить потребителей бесперебойным снабжением электроэнергией. Необходимо рассчитать баланс мощностей, выбрать наиболее рациональную электрическую схему, типы трансформаторов и генераторов, произвести расчет токов КЗ, произвести выбор выключателей и разъединителей, измерительных трансформаторов, схемы РУ, предусмотреть требования экологической безопасности.

Любой энергетический объект должен отвечать всем необходимым требованиям, предъявляемым к энергетическим объектам, таким как: безопасность обслуживания, надежность работы, экологическая безопасность, экономическая эффективность, способность достаточно быстро модернизироваться.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При написании данной работы были использованы учебные пособия, справочные материалы, научная и учебно-методическая литература.

В справочном материале «Электрическая часть электростанции и подстанций» по редакцией Б. Н. Неклепаева, И.П. Крючкова [1] приведены основные данные о параметрах и характеристиках электрических машин, силовых трансформаторах, электрических аппаратов, а также материалы для разработки главных схем и конструкций распределительных устройств.

По данному материалу производился выбор синхронных турбогенераторов, силовых трансформаторов, автотрансформаторов, выбор коммутационных аппаратов, измерительных приборов и т.д

В учебном пособии «Электрооборудование станций и подстанций» по редакцией Л. Д. Рожковой, В. С. Козулина [2] описаны конструкции основного электрооборудования электростанций и подстанций. Изложена методика выбора аппаратов и токоведущих частей. Рассмотрены схемы электрических соединений и конструкций распределительных устройств.

Из данного пособия была взята информация о системе охлаждения турбогенераторов, описание системы охлаждения оборудования, расчетные формулы для сопротивлений трансформаторов, генераторов, реакторов линий.

Также были рассмотрены общие требования к распределительным устройствам, подстанциям, передачам электроэнергии, защите и автоматике на основании правил устройств электроустановок (ПУЭ) [5].

Учебное пособие «Режимы работы и эксплуатации электрооборудования электрических станций» Н.В.Коломиец, Н.Р.Пономарчук, Г.А.Елгина [6] содержит расчет переходного процесса при самозапуске электродвигателей собственных нужд энергоблока.

## **Глава 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **3.1 Анализ конкурентных технических решений**

Задачей раздела финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение является качественное и количественное обоснование целесообразности выполнения данного проекта.

В данном разделе будут рассмотрены следующие задачи:

- Оценка коммерческого потенциала внедрения данной методики;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы.

С учетом всех данных задач необходимо сформировать структуру выполнения данного проекта, провести необходимые расчеты и сделать соответствующие выводы.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В расчетном присоединении блок генератор – двухобмоточный трансформатор, выбранном ранее, проведем данный анализ для турбогенератора ТГВ-300-2УЗ. Т.к. турбогенератор является неотъемлемой частью энергосистем в наше время, благодаря ему происходит преобразование механической энергии в электрическую.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая представлена в таблице 3.1. При сравнении рассмотрим троих производителей конкурентов данного типа турбогенераторов из России.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [8]:

$$K = \sum B_i \cdot b_i$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Производители: ООО «Росэлектромаш» (РЭМ), АО «Силовые машины», АО «ЭЛСИБ».

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		РЭМ	Силовые машины	ЭЛСИБ	$K_{рэм}$	$K_{с.м.}$	$K_{элсиб}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Надежность	0,13	4	5	4	0,52	0,65	0,52
2. КПД	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
3. Безопасность	0,12	5	5	4	0,6	0,6	0,48
4. Простота эксплуатации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Доставка	0,13	4	5	4	0,52	0,65	0,52
2. Срок выхода на рынок	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Сервис	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
4. Цена	0,2	4	4	5	0,8	0,8	1
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,12</b>	<b>4,48</b>	<b>4,1</b>

По результатам расчетов, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что предпочтительнее выглядит приобретение турбогенератора ТВФ-300-2УЗ в компании АО «Силовые машины». Первенство над конкурентами обеспечивается за счет того, что компания была основана намного раньше остальных и на сегодняшний день входит в десятку мировых лидеров отрасли по объему установленного оборудования. Компания «Силовые машины» обладает богатейшим опытом и компетенцией в области проектирования, изготовления и комплектной поставки оборудования для тепловых, атомных и гидроэлектростанций.

### 3.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в НИП.

Показатели оценки качества и перспективности разработки были подобраны исходя из выбранного объекта исследования.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1 [8].

Составим оценочную карту для поставщика «Силовые машины»

Таблица 3.2 – Оценочная карта «Силовые машины»

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Энергоэффективность	0,1	90	100	0,9	0,09
2. Надежность	0,1	95	100	0,95	0,095
3. Ремонтопригодность	0,07	85	100	0,85	0,0595
4. Безопасность	0,1	95	100	0,95	0,095
5. Простота эксплуатации	0,07	60	100	0,6	0,042
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
6. Перспективы модернизации	0,07	30	100	0,3	0,021
7. Цена	0,17	50	100	0,5	0,085
8. Влияние продукта на деятельность компании	0,15	100	100	1	0,15
9. Послепродажное обслуживание	0,07	40	100	0,4	0,028
10. Финансовая эффективность	0,1	70	100	0,7	0,07
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>0,74</b>



По результатам оценочной карты компании «Силовые машины» видно, что перспективность равна 74%.

Так как значение показателя  $P_{cp}$  получилось в интервале от 79 до 60, то перспективность такой разработки и качество проведенного исследования считается выше среднего [8].

### **3.3 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе будет представлен перечень работ и этапов в рамках НИ, а также проведено распределение работ по исполнителям.

Распределение работ по исполнителям, порядок работ и этапов приведены в таблице 3.3:

Таблица 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов и нормативных документов	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель

Продолжение таблицы 3.3

Проектирование электрической части	5	Расчет баланса мощностей	Инженер
	6	Расчет продолжительных режимов	Инженер
	7	Расчет условий для выбора аппаратуры и оборудования	Инженер
	8	Выбор аппаратуры и оборудования	Инженер
Исследование самозапуска электродвигателей собственных нужд	9	Выбор электродвигателей	Инженер
	10	Расчет установившегося режима	Инженер
	11	Проверка самозапуска двигателей собственных нужд	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	13	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	14	Технико-экономические расчеты	Инженер
	15	Составление и оформление пояснительной записки	Инженер

### 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула [8]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [8]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел.-дн.};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ дн.}$$

### 3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным построением ленточного графика проведения научных работ является построение в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [8]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведем в таблицу 3.4.

Пример расчета для 5-дневной недели (составление и утверждение технического задания):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48;$$

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,48 = 4,14 \approx 4 \text{ дн.}$$

Пример расчета для 6-дневной недели (составление и утверждение технического задания):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22;$$

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3,42 \approx 3 \text{ дн.}$$

Таблица 3.4 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб.	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
		$t_{min}$ , чел- дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожс}$ , чел-дни					
		Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер	Руковод.	Инженер
1	Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8		2,8		3	
2	Подбор и изучение материалов и нормативных документов		4		6		4,8		4,8		7
3	Выбор направления исследований	3		4		2,4		2,4		4	
4	Календарное планирование работ по теме	1		2		1,4		1,4		2	
5	Расчет баланса мощностей		4		6		4,8		4,8		7
6	Расчет продолжительных режимов		5		7		5,8		5,8		8
7	Расчет условий для выбора аппаратуры и оборудования		4		6		4,8		4,8		7
8	Выбор аппаратуры и оборудования		5		7		5,8		5,8		8
9	Выбор электродвигателей		4		6		4,8		4,8		7
10	Расчет установившегося режима		4		6		4,8		4,8		7
11	Проверка самозапуска двигателей собственных нужд		5		7		5,8		5,8		8
12	Оценка эффективности полученных результатов	9		11		8,2		8,2		12	

Продолжение таблицы 3.4

13	Вопросы безопасности и экологичности проекта		2		4		2,8		2,8		4
14	Технико-экономические расчеты		2		4		2,8		2,8		4
15	Составление и оформление пояснительной записки		7		10		8,2		8,2		12
Итого	Общее количество календарных дней для выполнения выпускной работы									100	
	Общее количество календарных дней, в течении которых работал инженер									79	
	Общее количество календарных дней, в течении которых работал руководитель									21	

В приложении Е, на основе таблицы 3.6, построен календарный план-график

### 3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В планирование бюджета входит полное и достоверное приведение всех расходов при выполнении НТИ. В статьи затрат входит:

- Материальные затраты;
- Оклады работников;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы);
- Амортизация;
- Накладные расходы.

#### 3.4.1 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную тему включается заработная плата инженера и руководителя.

Основная заработная плата (руководителя, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле [8]:

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дон}},$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле [8]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 5);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для 5- дневной недели:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} = \frac{29\,005,2 \cdot 11,2}{248} = 1309,9 \text{ руб.},$$

Для 6- дневной недели:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} = \frac{39760,5 \cdot 10,4}{248} = 1667,4 \text{ руб.},$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.:

Пример расчета для Руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_o) \cdot k_p = 20389,99 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 39760,5 \text{ руб.}$$

где  $Z_{мс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней –  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_o$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней: <ul style="list-style-type: none"> <li>• выходные дни и праздничные дни</li> </ul>	66	90
Потери рабочего времени: <ul style="list-style-type: none"> <li>• отпуск и невыходы по болезни</li> </ul>	52	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	248

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 3.6:

Таблица 3.6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{мс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$З_m$ , руб.	$З_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$З_{осн}$ , руб.
Руководитель	20 389,99	0,3	0,2	1,3	39 760,5	1 667,4	21	35015,4
Инженер	14 874,45	0,3	0,2	1,3	29 005,2	1 309,9	79	103482,1
Итого:								138497,5

### 3.4.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

За отклонение от норм условий труда по Трудовому кодексу РФ предусмотрена дополнительная заработная плата.

Расчет дополнительной заработной платы производится по следующей формуле:

$$З_{дон} = k_{дон} \cdot З_{осн}$$



где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет для Руководителя и Инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 35015,4 = 5252,3 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 103482,1 = 15522,3 \text{ руб.},$$

### 3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

По установленному законодательству РФ необходимо производить отчисления в ФСС, ПФ и ФФОМС.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (35015,4 + 5252,3) = 10912,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (103482,1 + 15522,3) = 32250,2 \text{ руб.},$$

На основании пункта 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2016 году вводится пониженная ставка на размер страховых взносов – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представим в таблице 3.7:

Таблица 3.7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	35015,4	5252,3
Инженер	103482,1	15522,3

Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Отчисления во внебюджетные фонды	
Руководитель	10912,5
Инженер	35250,2
Итого	46162,7

### 3.4.4 Амортизация

В данном пункте рассчитывается амортизация персонального компьютера, необходимого в исследовательской работе [9].

Примем, что срок эксплуатации ПК составляет 3 года. Тогда месячная норма амортизации:

$$K = \frac{I}{n} \cdot 100 \%$$

$$K = \frac{I}{3} \cdot 100 \% = 33,3 \%$$

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Тогда амортизация равна:

$$A = \frac{K \cdot II}{365} \cdot m$$

$$A = \frac{0,333 \cdot 50}{366} \cdot 79 = 3593,8 \text{ руб.}$$

где  $II$  – итоговая сумма ПК в тыс. руб.;

$m$  – время использования в днях.

Результаты расчета амортизации представим в таблице 3.8:

Таблица 3.8 – Расчет амортизации компьютерного оборудования

Наименование изделия	Кол-во единиц изделия	Цена единицы изделия, тыс. руб.	Общая стоимость изделия, тыс. руб.	Норма амортизации	Амортизация
Ноутбук	1	50	50	33,3%	3593,8 руб.

### 3.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = CC \cdot k_{нр}$$

где  $CC$  – сумма статей;

$$\begin{aligned} З_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр} = (З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ &= (138497,5 + 20774,6 + 46162,7) \cdot 0,16 = 32869,5 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### 3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Рассчитанная величина затрат научно-технического исследования является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-техническое исследование по каждому варианту исполнения приведен в таблице 3.9:

Таблица 3.9 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	138497,5	59
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20774,6	8,85
Отчисления во внебюджетные фонды	46162,7	18,37
Накладные расходы	32869,5	13,78
Бюджет затрат НТИ	238304,3	100

### 3.5 Определение ресурсоэффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Так как определение финансовой эффективности не представляется возможным в данном случае, произведем оценку ресурсоэффективности научной разработки.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения модели исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Пример расчета:

$$I_{pi} = 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,35$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности исследования представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий \ Объект	Весовой коэффициент параметра	Силовые машины	РЭМ	ЭЛСИБ
Надежность работы	0,15	4	4	4
Габаритные размеры	0,1	5	4	3
Технические характеристики	0,2	5	5	3
Ремонтопригодность	0,15	3	4	4
Простота изготовления	0,2	4	3	4
Простота эксплуатации	0,2	5	4	3
Итого	1	4,35	4	3,5

В результате экономического планирования научно-технической работы «Режимы работы электрооборудования на тепловой станции мощностью 1100 МВт» в расчетном присоединении блок генератор – двухобмоточный трансформатор был проведен анализ для турбогенератора ТГВ-300-2УЗ, а также доказана конкурентоспособность данного технического решения в сравнении с другими вариантами исполнения.

Далее был составлен план и построен график Ганта, которые запланировали выполнение работы за 100 дней, а также посчитаны основные экономические показатели с выводом общего бюджета затрат на выполнение работы, что составило 238304,3 рублей; основная часть бюджета приходится на основную заработную плату исполнителей темы – 59 %. С точки зрения ресурсной эффективности для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности ( $I_{pi} = 4,35$ ).

## **Глава 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **4.1 Введение**

Социальная ответственность – это зачастую объективная необходимость отвечать за нарушение социальных норм. Она выражает характер взаимоотношений личности с обществом, государством, коллективом и другими социальными группами, т.е. со всеми окружающими ее людьми. В основе социальной ответственности лежит общественная природа поведения человека.

Целями этого раздела являются выявление и анализ вредных и опасных факторов, имеющих место на объекте, в данном случае – на электрической станции, и разработка мер по снижению воздействия этих факторов на персонал. При этом необходимо следовать правилам, нормам, инструкциям и прочим документам, закрепленным в нормативно-правовых актах. Проведение электромонтажных работ в современном производстве требует высокого уровня инженерной подготовки и квалификации. Главной целью улучшения условий труда является обеспечение безопасности труда, сохранение жизни и здоровья работающих, сокращение количества несчастных случаев и заболеваний на производстве.

В данном проекте рассматриваются устройства, работающие в номинальном режиме под высоким напряжением, при монтаже, эксплуатации и ремонте которых необходимо строго выполнять требования правил техники безопасности, применять различные меры защиты от вредных и опасных факторов производственной среды. Здоровые и безопасные условия труда электротехнического персонала могут быть обеспечены выполнением научно обоснованных правил и норм как при проектировании и монтаже, так и при их эксплуатации.

## 4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Данный параграф начнем с составления обобщающей таблицы «Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы» (табл. 1), необходимой для целостного представления обо всех выявленных вредных и опасных факторах на рабочем месте, связи их с запроектированными видами работ.

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием «Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003–74 (с измен. № 1, октябрь 1978 г., переиздание 1999 г.)» .

Таблица 4.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ )		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Монтаж, обслуживание и ремонт		Движущиеся машины и механизмы монтажного и ремонтного оборудования	[79, 80]
		Электрический ток	[77, 76];
	Превышение уровней электромагнитных излучений		[69, 98, 99]
	Превышение уровней шума		[66, 95, 102]
	Превышение уровней вибрации		[74, 78, 103]

Все производственные факторы можно разделить на три группы:

- Электробезопасность
- Электромагнитный фактор
- Шум и вибрация

### **4.3 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих**

#### **4.3.1 Электробезопасность**

Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т. е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. При этом повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, является опасным фактором.

В данном случае установка работает на напряжении более 1000В и безопасность при работе обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные.

Основные коллективные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка оградительных устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; применение малых напряжений; защитное заземление; зануление; защитное отключение.

Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок,



поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей под напряжением. В установках более 1000 В – это оперативные и измерительные штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для проведения ремонтных работ. Индивидуальные дополнительные электрозащитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защитить человека от поражения током. Их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств, с которыми они должны применяться. В установках более 1000 В – диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки.

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, электролитическое, биологическое, механическое действие.

Таблица 4.2 – Предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений прикосновения, и сила тока при аварийном режиме электроустановок по ГОСТ 12.1.038-82

Род и частота тока	Нормируемая величина	ПДУ при t,с	
		0,01-0,08	Свыше 1
Переменный f=50 Гц	$U_d$	650 В	36 В
	$I_d$	-	6 мА
Постоянный	$U_d$	650 В	40 В
	$I_d$	-	15 мА

К общим электротравмам относят электрический удар, при котором процесс возбуждения различных групп мышц может привести к судорогам, остановке дыхания и сердечной деятельности. Остановка сердца связана с фибрилляцией - хаотическим сокращением отдельных волокон сердечной мышцы (фибрилл).

К местным электротравмам относят ожоги, электрические знаки, металлизацию кожи, механические повреждения, электроофтальмии.

### 4.3.2 Электромагнитный фактор

#### 1) Электростатическое поле

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» оценка и нормирование ЭСП осуществляется по уровню электрического поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену.

- Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля ( $E_{пду}$ ) при воздействии  $\leq 1$  час за смену устанавливается равным 60 кВ/м.
- При воздействии ЭСП более 1 часа за смену  $E_{пду}$  определяются по формуле:

$$E_{пду} = \frac{60}{\sqrt{t}}$$

где  $t$  – время воздействия (час)

- При напряженностях электростатического поля, превышающих 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.
- При напряженностях ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

#### 2) Постоянное магнитное поле

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» оценка и нормирование ПМП осуществляется по уровню магнитного поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия. Предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля представлены в таблице 4.3:

**Таблица 4.3 – Предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля**

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

### **3) Электрическое поле промышленной частоты**

- Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.
- При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП Т (час) рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{50}{E} - 2,$$

где E - напряженность ЭП, кВ/м

t - допустимое время пребывания, час

- При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.
- Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

### **4) Магнитное поле промышленной частоты**

Предельно допустимые уровни магнитного поля промышленной частоты представлены в таблице 4.4:

Таблица 4.4– Предельно допустимые уровни магнитного поля  
промышленной частоты

Время пребывания (ч)	Допустимые уровни МП Н (А/м) / В (мкТл) при воздействии	
	Общем	Локальном
<1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

### 5) Предлагаемые средства защиты

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного облучения осуществляется следующими способами: уменьшением излучения от источника; экранированием источника излучения и рабочего места; установлением санитарно-защитной зоны; поглощением или уменьшением образования зарядов статического электричества; устранением зарядов статического электричества; применением средств индивидуальной защиты.

Уменьшение мощности излучения от источника реализуется применением поглотителей электромагнитной энергии; блокированием излучения.

Поглощение электромагнитных излучений осуществляется поглотительным материалом путем превращения энергии электромагнитного поля в тепловую. В качестве такого материала применяют каучук, поролон, пенополистерол, ферромагнитный порошок со связывающим диэлектриком.

Экранирование источника излучения и рабочего места производится специальными экранами. При этом различают отражающие и поглощающие экраны. Первые изготавливают из материала с низким электросопротивлением — металлы и их сплавы (медь, латунь, алюминий, сталь, цинк). Они могут

быть сплошные и сетчатые. Экраны должны быть заземлены для обеспечения стекания в землю образующихся на них зарядов.

Поглощающие экраны выполняют из радиопоглощающих материалов: эластичных или жестких пенопластов, резиновых коврик, листов поролона или волокнистой древесины, обработанной специальным составом, а также из ферромагнитных пластин.

### 4.3.3 Шум и вибрация

В данной работе рассматривается устройство, использующее в своей работе силовые трансформаторы и высоковольтные полупроводниковые элементы, которые являются источниками шума. Установка в силу своих размеров находится на территории электростанции.

Таблица 4.5 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999 г.)

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для снижения шума применяют различные методы коллективной защиты: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; рациональное размещение оборудования; борьба с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума, использование средств звукоизоляции, звукопоглощение и установка

глушителей шума, в том числе акустическая обработка поверхностей помещения.

Наиболее эффективным средством является борьба с шумом в источнике его возникновения. Для уменьшения механического шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, заменять ударные процессы на безударные, шире использовать принудительное смазывание трущихся поверхностей, применять балансировку вращающихся частей. Снижения аэродинамического шума можно добиться уменьшением скорости газового потока, улучшением аэродинамики конструкции, звукоизоляции и установкой глушителей.

Для снижения вибрации широко используют эффект вибродемпфирования – превращение энергии механических колебаний в другие виды энергии, чаще всего в тепловую. С этой целью в конструкции деталей, через которые передается вибрация, применяют материалы с большим внутренним трением: специальные сплавы, пластмассы, резины, вибродемпфирующие покрытия. Для предотвращения общей вибрации используют установку вибрирующих машин и оборудования на самостоятельные виброгасящие фундаменты.

#### **4.3.4 Освещение производственных помещений**

Рациональное освещение производственных помещений и рабочих мест на ЭС имеет большое значение для выполнения персоналом своих функциональных обязанностей в условиях, когда в большинстве помещений отсутствует естественное освещение.

На ЭС предусматривается естественное, совмещенное и искусственное освещение. Для освещения помещений применяются, как правило, газоразрядные лампы низкого и высокого давления - люминесцентные, металлогенные, натриевые, ксеноновые и дуговые ртутные лампы.

Неудовлетворительное освещение может искажать информацию, кроме того, оно вызывает утомление всего организма в целом. Освещение должно обеспечивать выполнение работы без напряжения зрения.

Освещение подразделяется на рабочее, аварийное и охранное. Рабочее освещение включает в себя общее стационарное, ремонтное и местное освещение. Охранное освещение предусматривается по периметру. Ремонтное освещение необходимо выполнять от понижающего трансформатора 12-42 В.

Таблица 4.6 – Нормы освещенности участков ЭС

Место работы	Характеристика зрительной работы	Разряд зрительной работы	Освещенность рабочей поверхности, лк
Помещения мастерских	Высокой точности	Б	300
Цех генератора	Высокой точности	Б	300

#### 4.4 Пожарная безопасность

Основными причинами пожаров исследуемого объекта являются:

- причины электрического характера (короткие замыкания, перегрев проводов);
- открытый огонь (сварочные работы, курение, искры от автотранспорта и омедненного инструмента);
- удар молнии;
- разряд зарядов статического электричества.

Существенную роль в пожарной безопасности электроустановок играют правильный выбор и режим работы электрооборудования с учетом пожароопасности и взрывоопасности помещений, применение молниеотводов и отводов электростатических зарядов.

Выбор электрического оборудования для пожароопасных помещений, и наружных установок производится в зависимости от класса помещения по степени пожарной опасности, согласно ПУЭ.

В пожароопасных помещениях, как правило, применяются машины закрытого типа, защита и аппаратура в пыленепроницаемом исполнении. Для предохранения почвы от загрязнений сбросами масла, при аварии трансформаторов, предусмотрено сооружение закрытых маслосточков закрытого маслоуловителя. Водоотвод с площадки предусматривается открытой системой за счёт естественного уклона в сторону понижения рельефа местности.

На станции должны быть оформлены уголки пожарной безопасности и пожарные щиты. Для ведения надзора за соблюдением противопожарным режимом из числа инженерно-технического персонала должны быть назначены лица ответственные за пожарную безопасность.

При обнаружении возгораний или пожара оперативный персонал согласно регламента:

1. вызывает пожарную команду;
2. оповещает руководство подстанции;
3. производит необходимые отключения и заземления оборудования;
4. встречает пожарную команду, производит инструктаж по ПТБ;
5. выдает разрешение (допуск) на тушение пожара;
6. выдает средства защиты (диэлектрические перчатки и боты);
7. заземляет пожарную машину.

В каждом цехе, лаборатории, мастерской должна быть разработана инструкция о конкретных мерах пожарной безопасности, противопожарном режиме и план эвакуации персонала из помещений.

Пути эвакуации персонала категорически запрещается загромождать оборудованием. На путях эвакуации устанавливаются указатели и световые табло.



#### **4.5 Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме**

Одними из основных документов, которыми нам необходимо будет воспользоваться это Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [10], в котором предъявлены все требования к правильной и безопасной эксплуатации электроустановок; ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», который устанавливает общие требования безопасности к конструкции электротехнических изделий; ГОСТ Р 12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», в котором приведены технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения

Также следует воспользоваться такими документами, как СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»; СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»; СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»; ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности».

#### **4.6 Экологическая безопасность**

Устройства автоматического регулирования возбуждения сильного действия синхронных генераторов в номинальном режиме эксплуатации практически не оказывает воздействия на окружающую природную среду. По специфическому воздействию на экологию электрические устройства можно отнести к «чистым» производствам. Загрязнение водной, воздушной среды и почвы, как правило, происходит лишь во время строительства и частично при ремонтных работах.

К специфическим воздействиям АРВ СД на окружающую среду можно отнести: электромагнитные поля, акустический шум, озон.

Наиболее сильно воздействуют на экологию (при определенных условиях) электрические (ЭП) и магнитные (МП) поля. Защитой от этих влияний является соблюдение предельно допустимых уровней (ПДУ) напряженности ЭП, определенных «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия ЭП».

Таким образом, требуется разработка системы объективных экологических нормативов, определяющих допустимые границы вмешательства человека в ход естественных процессов на соответствующей территории и других средах. Устанавливая ПДУ по ЭП и МП, нужно иметь допустимые средства измерения нормируемых величин.

#### **4.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть на электрической станции – это пожар, возникший в результате короткого замыкания или неисправности электрооборудования. Пожары на станциях могут возникать на трансформаторах, масляных выключателях и в кабельных туннелях. Крупные районные электростанции имеют специальные масляные станции, где находится большое количество трансформаторного масла. Трансформаторы и выключатели распределительных устройств устанавливают на фундаменты, под которыми располагают маслоприемники, соединенные с аварийными емкостями. Каждый трансформатор, как правило, помещают в отдельной камере, которая соединяется с монтажными проемами с помещением распределительного щита и кабельными каналами.

Все электростанции снабжены надежной системой защиты и сигнализации, а также первичными средствами пожаротушения. При возникновении пожаров поврежденное оборудование и аппараты автоматически отключаются устройствами релейной защиты.

#### **4.8 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

При компоновке рабочего места должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);
- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы рассмотрены основные задачи проектирования конденсационной электростанции (КЭС) установленной мощностью 1100 МВт на основании исходных данных с заданными параметрами.

Выполняя данную работу, мы научились комплексно рассматривать проблему проектирования новых объектов, а также ознакомились с принципиальным строением электростанции типа КЭС. При этом использовались для решения тех или иных вопросов комплекс знаний, полученный из различных учебных курсов, на занятиях, а также в процессе выполнения типовых расчетов, домашних заданий, лабораторных работ. Был получен опыт в работе с технической литературой, ГОСТ, справочниками и т.п.

На начальном этапе проектирования, после составления баланса мощностей, убедились, что данная электростанция выдает мощность, которая полностью покрывает мощность присоединенных потребителей.

В качестве расчетного присоединения был выбран блок генератор – двухобмоточный трансформатор с генераторным выключателем. Затем были определены токи в ветвях по продолжительным режимам и режимам КЗ, а уже по ним произведен выбор необходимых коммутационных аппаратов и токоведущих частей, после чего была спроектирована измерительная подсистема. Было выбрано оборудование, необходимое для исправной работы электростанции и обеспечения потребителей электроэнергией на двух классах напряжения. Произведены необходимые проверки выбранного оборудования, которые выполнены в полной мере.

В втором разделе были рассмотрены режимы работы электродвигателей собственных нужд. Для мощности турбогенератора 300 МВт выбран состав механизмов собственных нужд, электрическая схема собственных нужд, основной и резервный трансформатор собственных нужд. В промышленной

программе «Мустанг» выполнено моделирование самозапуска двигателей на шинах собственных нужд при четырех различных видах коротких замыканий, а также включение питания на остановленные двигатели при отказе АВР. Для всех электродвигателей собственных нужд обеспечен успешный самозапуск.

Поставленные в начале, задачи проектирования выполнены в полной мере – была спроектирована электрическая часть станции, которая удовлетворяет всем предъявляемым требованиям. Объект обладает высокими эксплуатационными характеристиками.

Раздел социальная ответственность содержит анализ вредных и опасных факторов производственной среды, в том числе пожары, приведены основные меры по подготовке к данному виду чрезвычайных ситуаций.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен анализ конкурентных технических решений, разработан график проведения НИ, рассчитан бюджет научно-технического исследования и определена его ресурсоэффективность.

Данная выпускная квалификационная работа очень важна с учебной точки зрения, с помощью него было рассмотрено много теоретического материала и получены знания в области проектирования электрической части электростанций. Выполненная работа также имеет и практическое значение, хоть мы и не рассматривали подробно экономическую составляющую, но при этом рассчитывали оборудование удовлетворяющее заданные условия.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие. – 5-е изд., стер. – СПб.: БВХ-Петербург, 2014. – 608 с.: ил. – (Учебная литература для вузов)
2. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.: ил.
3. Усов С.В., Михалев Б.Н., Черновец А.К. и др. Электрическая часть электростанций. Под ред. С.В. Усова. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. - 616 с.
4. ГОСТ 17544-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения классов напряжения 220, 330, 500 и 750 кВ. Технические условия. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1987. – 32 с.: ил.
5. Правила устройства электроустановок ПУЭ: Утв. Мин.топлива и энергетики РФ. – 7-е изд. – Москва: НЦ ЭНАС, 1999. – 79 с.
6. Коломиец Н.В., Пономарчук Н.Р., Елгина Г.А. Режимы работы и эксплуатации электрооборудования электрических станций: учебное пособие. Томский политехнический университет – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 80 с.
7. Вайнштейн Р.А., Шестакова В.В., Коломиец Н.В.. Программные комплексы в учебном проектировании электрической части электростанций: учебное пособие / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 123 с.
8. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

9. Как просто. Как рассчитать амортизацию [Электронный ресурс]: офиц. сайт. 2005. URL: <http://www.kakprosto.ru/kak-12457-kak-rasschitat-amortizaciyu> (дата обращения 27.04.2016)
10. Правила устройств электроустановок. 7-е изд. М.: Энергоатомиздат, 2011. – 640 с.
11. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».
12. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
13. ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты.
14. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
15. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
16. ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01.01.96).
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
18. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
19. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
20. ГОСТ 12.1.047-85 ССБТ. Вибрация. Метод контроля на рабочих местах и в жилых помещениях морских и речных судов.